

V o r t r ä g e.

Nachtrag zu meinem Aufsatz: Von der Umwandlung der Wärme in Elektrizität.

Von A. Freih. v. Baumgartner.

Der Jahrgang 1856 dieser Sitzungsberichte (Band XXII) enthält unter meinem Namen einen Aufsatz mit dem Titel: Von der Umwandlung der Wärme in Elektrizität. Ich beabsichtigte mit demselben, eine wichtige physicalische Wahrheit, die oft ohne Beweis ausgesprochen oder nur als ein specieller Fall der Umsetzung von Wärme in Arbeitskraft dargestellt worden ist, aus bestimmten Erscheinungen abzuleiten und nebenbei auch dahin zu wirken, dass nicht fernerhin die Erwärmung, welche ein elektrischer Strom zur Folge hat, als eine Wirkung der Elektrizität angesehen werde, die ohne Schwämerung der wirkenden Elektrizität eintritt, oder umgekehrt Elektrizität, die durch Wärme hervorgezogen wird, als Wirkung der letzteren, ohne dass dabei Wärme verbraucht wird. Gegen die Art meiner Beweisführung hat nun Hr. Prof. Müller in einem, in der Sitzung der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg in B. vom 16. April 1858 gehaltenen Vortrage über den Zusammenhang verschiedener Naturkräfte Bedenken erhoben, die zu beseitigen ich sowohl im Interesse der Wissenschaft als aus Achtung für den verdienstvollen Gelehrten, von dem sie ausgingen, mich für verpflichtet halte. Dazu sind nun nachstehende Zeilen eigentlich bestimmt; es werden aber bei dieser Gelegenheit noch andere Bemerkungen beigefügt, die zwar mit den Bedenken des Hrn. Prof. Müller nicht im Zusammenhange stehen, jedoch anderen Einwürfen vorzubeugen geeignet sein dürften.

Die Erscheinungen, welche den Beweis der Umsetzung von Wärme in Elektrizität und zugleich jenen der Umwandlung von Elektrizität in Wärme nach meiner Ansicht liefern sollten, sind

aus längst bekannten und vielfach mit Erfolg wiederholten Versuchen entnommen. Unter diesen wurde der grösste Nachdruck auf die Wärmeerscheinungen gelegt, die der Strom einer Volta'schen Batterie in einem Schliessungsdrathe hervorrufft, welcher der Länge nach aus Theilen von verschiedener specifischer Leitungsfähigkeit besteht, wie z. B. aus an den Enden zusammengelötheten, gleich dicken und gleich langen Dräthen von Silber und Platin. Da werden nämlich bei angemessener Stromstärke alle Platindräthe gleichmässig hell glühend, während an den Silberstücken gar keine Erhitzung wahrzunehmen ist. Werden statt Platin und Silber andere Metalle gewählt, die einander an Leitungsfähigkeit für Elektrizität näher stehen, so ist ihr Verhalten weniger verschieden, immer aber erscheint der Körper mit grösserem Leitungswiderstande mehr erhitzt als der, welcher dem Strome einen kleineren Widerstand entgegensetzt. Daraus wurde nun geschlossen, dass beim Übertritte der Elektrizität aus einem weniger in einen mehrwiderstehenden Leiter ein Theil der Elektrizität in Wärme und umgekehrt beim Übergange von einem mehr in einen weniger widerstehenden Wärme in Elektrizität umgesetzt wird. Diese Schlussweise nun ist es, die bei Hrn. Prof. Müller ein Bedenken hervorrufft. „Soll darunter“, so sagt dieser Gelehrte, „verstanden werden, dass der elektrische Strom in den Platinstücken eine Schwächung erleidet und eine derselben entsprechende Wärmeentwicklung auftritt, während dagegen in den Silberstücken bei geringerer Wärmeentwicklung wieder eine Zunahme der Stromstärke stattfindet; so würde eine solche Vorstellung mit dem Ohm'schen Gesetze, nach welchem die Stromstärke an allen Stellen des Schliessungsbogens genau dieselbe sein muss, in directem Widerspruche stehen“. Dagegen habe ich Folgendes zu bemerken: Eine Folgerung, wie sie Hr. Prof. Müller für zulässig hält, wäre nur dann gerechtfertigt, wenn im Schliessungsdrathe keine andere als strömende Elektrizität vorhanden wäre, denn dann müsste jeder locale Verbrauch von Elektrizität eine locale Schwächung des Stromes zur Folge haben und diese müsste sich wenigstens anfangs an der Stelle des Verbrauches bemerklich machen, wenn sie nicht etwa schon im ganzen Strome der Kette ausgeglichen wäre, bevor eine solche Ausgleichung in Bezug auf die viel weniger rasch fortschreitende Wärme in derselben Zeit erfolgen könnte. Man hat wohl bis vor wenigen Jahren alle im

Schliessungsleiter vorhandene Elektrizität als strömend angenommen und den Strom durch einen Druck der an den Polen des Elektromotors angehäuften Elektrizität auf den mehr oder weniger leicht durchdringlichen Leitungscanal entstehen lassen, so wie man noch heut den Strom des Wassers in einer Röhrenleitung aus dem Druck der Flüssigkeit in einem Bassin entstehen lässt. Aber die schönen Versuche von Kohlrausch und die genialen Rechnungen von Kirchhoff haben uns belehrt, dass im Schliessungsleiter eines Elektromotors auch Spannungselektrizität vorhanden sei, dass diese es ist, welche die natürliche Elektrizität dieses Leiters zersetzt, die positive nach einer, die negative nach der entgegengesetzten Richtung fortführt, und dadurch die elektrischen Elemente befähigt, durch Induction auf einander zu wirken, bis endlich ein Zustand eingetreten ist, wo durch jeden Querschnitt der Kette in derselben Zeit gleich viel Elektrizität fliesst. Die statische Elektrizität im Schliessungsbogen ist es aber, welche vorbenannte Umwandlung erfährt, wie aus Nachstehendem hervorgeht: Die strömende und die Spannungselektrizität im Schliessungsleiter verhalten sich nämlich nicht auf gleiche Weise. Erstere bewegt sich im Innern des Leiters wie in einem Canal und letztere ist an die Oberfläche desselben gewiesen; von jener strömt durch jeden Querschnitt der ganzen Kette in jedem Zeittheilchen ein gleiches Quantum, von dieser ist aber nicht am Umfange jedes Querschnittes des Schliessers gleich viel enthalten, sondern es wächst die positive Elektrizität gegen den positiven, die negative gegen den negativen Pol hin in der Art, dass in einem homogenen Leiter an je zwei Stellen, die ein bestimmtes Längenmass des Leiters zwischen sich enthalten, dieselbe Spannungsdifferenz herrscht, diese Stellen mögen gegen den einen oder den andern Pol hin liegen oder auch von beiden gleich weit abstehen. Die Spannungsdifferenz liefert nun die Triebkraft für die natürliche Elektrizität des Canals und diese ist sonach in einem homogenen Leiter seiner ganzen Länge nach dieselbe. Aber die Spannungsdifferenz je zweier Stellen, wie sie eben bezeichnet wurden, hängt bei sonst gleichen Umständen von dem Leitungswiderstande ab und wächst genau im Verhältnisse mit diesem Widerstande. Es herrscht sonach in einem Schliessungsleiter, der aus Theilen mit verschiedenem Leitungswiderstande besteht, in jedem solchen Theile eine andere Triebkraft für den elektrischen Strom und zwar in dem mehr widerstehenden eine grössere, in dem

weniger widerstehenden eine kleinere. Ist dieser Bogen aus abwechselnden Stücken von Platin und Silber zusammengesetzt, mithin aus Stücken, deren Leitungswiderstände sich wie 100 zu 8·4 verhalten, so muss auch an je zwei Stellen, die gleiche Längen des Schliessungsbogens zwischen sich erhalten, die Triebkraft im Silberleiter = 8·4 sein, wenn jene im Platin gleich 100 gesetzt wird. Aber ungeachtet dieses grossen Übergewichtes der Triebkraft im Platin besteht in diesem doch nur ein Strom von derselben Stärke wie im Silber. Soll demnach nicht ein Kraftverlust eingetreten sein, wie er doch nach dem Principe der Erhaltung der Kraft nicht angenommen werden kann, so muss ein Theil der elektrischen Triebkraft im Platin eine andere Verrichtung übernehmen als jene, den elektrischen Strom zu treiben, und diese Verrichtung muss sich dadurch zu erkennen geben, dass sie mit dem nicht als solche wirksam gewordenen Theil der Triebkraft in geradem Verhältnisse steht. Dieses ist nun die frei gewordene Wärme und somit der Schluss gerechtfertigt, dass im Platindrath ein Theil der Elektrizität (und zwar der treibenden, nicht der getriebenen) in Wärme umgesetzt wird.

Ich habe bei dieser Deduction absichtlich einen Leiter gewählt, der aus mehreren abwechselnden Stücken von sehr verschiedenem Leitungswiderstand besteht, um beide Umwandlungen, die der Wärme in Elektrizität und jene der Elektrizität in Wärme in einen Fall zusammenzufassen. Ein Wechsel des Leitungswiderstandes tritt wohl in jeder geschlossenen Volta'schen Kette, sowohl der einfachen als der zusammengesetzten ein, und auch wenn man mit den elektromotorischen Metallen selbst die Kette schliesst, hat man schon an diesen Metallen Körper von verschiedenem Leitungswiderstande, noch mehr aber in der Flüssigkeit, die ihrer Natur nach immer mehr specifischen Widerstand leistet, als selbst das am meisten widerstehende Metall. Es ist sonach der Strom in einer solchen Kette gezwungen, bei jedem Umlauf aus einem besseren in einen minder guten Leiter überzugehen und umgekehrt, so dass es nie ohne Umsetzung der Elektrizität in Wärme und umgekehrt ablaufen kann und eine vollkommene Gleichheit der Temperatur in allen Theilen der Strombahn eine Unmöglichkeit ist, wenn nicht etwa andere Wirkungen des Stromes stattfinden, d. h. wenn die Elektrizität nicht etwa eine andere Form als die der Wärme anzunehmen genöthigt ist.

Von der hier ausgesprochenen Ansicht über den Ursprung der Wärme im Schliessungsleiter weicht die Behauptung Favre's ab, nach welcher sie nicht im Leiter selbst entstanden ist, sondern als von dem Wärmeverrathe, der in der leitenden Flüssigkeit durch chemische Einwirkung derselben auf das elektromotorische Metall entsteht, entlehnt wird. Favre sucht nachzuweisen, dass die gesammte in einer Volta'schen Kette entwickelte Wärmemenge von der chemischen Wirkung herrühre, die zwischen den elektromotorischen Metallen und dem flüssigen Leiter stattfindet, dass unter allen Umständen, es mögen die Leitungswiderstände in der Kette wie immer beschaffen sein, für jedes Gramm entwickelten Wasserstoffgases, oder für je 33 Gramm verbrauchten Zinks eine bestimmte, unveränderliche Anzahl Wärmeeinheiten frei wird, und dass nur die Vertheilung dieser Wärme im ganzen Umfange der Strombahn von dem Leitungswiderstande abhängt, mithin in dem Falle, wo der Strom ohne Widerstand durch den Schliessungsbogen geht, die gesammte Wärmemenge im Elektromotor angesammelt ist, nach Massgabe des Widerstandes in diesem Bogen aber aus jenem Vorrathe in den Schliessungsleiter überführt wird. Alle diese Schlüsse sind aber aus Versuchen abgeleitet, wo der widerstehende Strombogen aus Platin bestand und lassen ungeachtet der grossen Sorgfalt, mit der sie angestellt worden, noch immer zu wünschen übrig, dass sie unter mehr abgeänderten Umständen, namentlich auch noch mit widerstehenden Leitern aus anderen Metallen wiederholt werden möchten. Nach Favre's Ansicht, zu der sich auch Joule und La Rive hinneigen, müsste die im Schliessungsbogen erscheinende freie Wärme vom Elektromotor dahin überführt werden, ohne die Zwischenstellen der Bahn zu erwärmen. In einem Leiter, der aus zwei Drathstücken von Silber und einem Mittelstücke aus Platin besteht, wird bekanntlich bei gehöriger Stromstärke letzteres stark glühend, während die Endstücke keine Erhitzung bemerken lassen. Wie soll nun da die Wärme von der elektromotorischen Flüssigkeit in das Platin gelangen, ohne die Temperatur der Silberstücke zu erhöhen? Man macht die Sache um Nichts deutlicher, wenn man mit Favre die Wärme auf dem Wege vom Elektromotor zum Platin latent heisst, um so mehr, als dieser Ausdruck nach seiner gewöhnlichen Bedeutung nicht solche Wärme bezeichnet, die sich blos dem Gefühle entzieht, sondern jene, die durch innere Arbeit ver-

braucht ist und die nun nicht mehr nach aussen zu wirken vermag. Wird aber dieser Begriff in letzterem Sinne genommen, so wird dadurch zugegeben, dass die Wärme aus dem im Elektromotor angehäuften Vorrathe nicht als solche in den widerstehenden Theil des Schliessungsbogens übertragen werde, sondern in Arbeitskraft umgesetzt an dessen Grenze gelange, daselbst aber wieder in Folge des Leitungswiderstandes als Wärme auftrete. Dass hier die Arbeitskraft in der Form von Elektrizität erscheine, darf nicht befremden, indem die Elektrizität, so lange sie ihre eigentliche Natur beibehält, nur durch Anziehung und Abstossung, also mechanisch wirkt und nur in dieser Form zu den mathematischen Untersuchungen über dieses mächtige Agens die Basis liefert, da aber, wo sie andere Erscheinungen hervorruft, wo sie erwärmt, leuchtet und magnetisirt den ursprünglichen Charakter abgelegt und die Form einer anderen Naturkraft angenommen hat. Somit ist in der That die Umsetzung der Wärme in Elektrizität und der letzteren in erstere nur ein besonderer Fall des grossen Principes der Umsetzung der Wärme in Arbeitskraft und umgekehrt, somit ein Ausfluss des Gesetzes der Erhaltung der Kraft.
